

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS25 U.S. PRO
09/574900
05/19/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1 9 9 9 年 5 月 2 6 日

出 願 番 号
Application Number:

平成 1 1 年 特 許 願 第 1 4 7 2 4 8 号

出 願 人
Applicant (s):

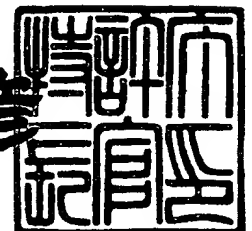
ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 0 年 4 月 7 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



【書類名】 特許願

【整理番号】 9801130706

【提出日】 平成11年 5月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04N 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 ミシェル グザビエ

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 上田 和彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 大森 士郎

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法及び画像処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 あらかじめ画像のエネルギー関数を作成しておき、
入力された画像を拡大し、
上記拡大された画像内の画素における上記エネルギー関数の勾配値を計算し、
上記画素に上記エネルギー関数の勾配値に入力された画像によらない値を乗算した結果を加算し、
上記画素の値を更新することにより画質調整を行う
ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 上記画素の値の更新処理を複数回繰り返すことを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 3】 上記入力された画像によらない値は、あらかじめ複数の画像から求めた値であることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 4】 入力画像に依存して変化する画像のエネルギー関数をあらかじめ作成しておき、

入力された画像を拡大し、
上記拡大された画像内の画素におけるエネルギーを減少させる値を計算し、
上記画素に上記エネルギーを減少させる値を加算し、
上記画素の値を更新することにより画質調整を行う
ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 5】 上記入力画像に依存して変化する画像のエネルギー関数は、各画素の近傍の複数画素の画素値に応じて変化する画素エネルギーの総和とすることを特徴とする請求項 4 記載の画像処理方法。

【請求項 6】 上記エネルギーを減少させる値を、上記拡大された画像内の画素における上記エネルギー関数の勾配値に入力された画像によらない値を乗算した結果とすることを特徴とする請求項 4 記載の画像処理方法。

【請求項 7】 上記画素の値の更新処理を複数回繰り返すことを特徴とする請求項 4 記載の画像処理方法。

【請求項 8】 あらかじめ画像のエネルギー関数を作成しておき、
入力された画像を拡大する第一のステップと、
上記拡大された画像内の画素におけるエネルギーを減少させる値を計算する第二のステップと、
上記画素に上記エネルギーを減少させる値を加算する第三のステップとを有し、
上記第一から第三のステップをあらかじめ決められた一定回数繰り返すことにより画質調整を行うことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 9】 あらかじめ作成された画像のエネルギー関数を保持する保持手段と、
入力された画像を拡大する拡大手段と、
上記拡大された画像内の画素における上記エネルギー関数の勾配値を計算する演算手段と、
上記画素に上記エネルギー関数の勾配値に入力された画像によらない値を乗算した結果を加算して上記画素の値を更新する更新手段と
を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 10】 上記拡大手段による拡大処理、上記演算手段による演算処理及び上記更新手段による更新処理を複数回繰り返すことを特徴とする請求項 9 記載の画像処理装置。

【請求項 11】 上記入力された画像によらない値は、あらかじめ複数の画像から求めた値であることを特徴とする請求項 9 記載の画像処理装置。

【請求項 12】 あらかじめ作成された入力画像に依存して変化する画像のエネルギー関数を保持する保持手段と、
入力された画像を拡大する拡大手段と、
上記拡大された画像内の画素におけるエネルギーを減少させる値を計算する演算手段と、
上記画素に上記エネルギーを減少させる値を加算して上記画素の値を更新する更新手段と
を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 3】 上記保持手段は、上記入力画像に依存して変化する画像のエネルギー関数として、各画素の近傍の複数画素の画素値に応じて変化する画素エネルギーの総和をあらかじめ保持していることを特徴とする請求項 1 2 記載の画像処理装置。

【請求項 1 4】 上記更新手段は、上記エネルギーを減少させる値として、上記拡大された画像内の画素における上記エネルギー関数の勾配値に入力された画像によらない値を乗算した結果を上記画素に加算することを特徴とする請求項 1 2 記載の画像処理装置。

【請求項 1 5】 上記拡大手段による拡大処理、上記演算手段による演算処理及び上記更新手段による更新処理を複数回繰り返すことを特徴とする請求項 1 2 記載の画像処理装置。

【請求項 1 6】 あらかじめ作成された画像のエネルギー関数を保持する保持手段と、

入力された画像を拡大する拡大手段と、

上記拡大手段により拡大された画像内の画素におけるエネルギーを減少させる値を計算する演算手段と、

上記画素に上記エネルギーを減少させる値を加算して上記画素の値を更新する更新手段とを有し、

上記拡大手段による拡大処理、上記演算手段による演算処理及び上記更新手段による更新処理をあらかじめ決められた一定回数繰り返すことにより画質調整を行うことを特徴とする画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像データを扱うコンピュータ等、あるいは電子スチルカメラ、ビデオカメラ、録画機器、編集機器、表示機器等をはじめとする画像データを扱う装置において、低解像度の画像データを入力とし高解像度の画像データを出力するための画像処理方法及び画像処理装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

最近、コンピュータやデジタルカメラ、あるいはネットワークの普及に伴い、コンピュータ上に取り込んだ画像データを、画像データ処理ソフトウェアにより変形、修正することが頻繁に行われるようになってきている。この中でも、画像の拡大、縮小処理は特に日常的に行われている。特に画像の拡大時においては、拡大の方法、すなわち補間方法が問題となり、方法によって、拡大された画像の画質が異なったものになる。代表的なものとして、ニアレストネイバー、線形補間、キュービックコンボリューション等があげられる。

【0 0 0 3】

ニアレストネイバー法は、ゼロ次ホールドと等価で、拡大に伴い画素数が増えるが、増えた画素の値として、元からある画素のうち、物理的に距離が一番近い画素の値をそのまま使用するものである。

【0 0 0 4】

また、線形補間法とは、増えた画素の値として、上下左右の元からある画素の値を用いて、その距離に応じた重みを付け平均を取ったものを使用する方法である。

【0 0 0 5】

また、キュービックコンボリューション法とは、増えた画素の値として、さらに遠い画素の値をも用いて、線形フィルタ処理を施した値を使用する方法である。

【0 0 0 6】

さらに、これらと併用して、補間後にエッジ強調を行うことにより主観的な画質を向上させる方法がある。

【0 0 0 7】

しかしながら、上記補間方法はいずれも画素数は増えるものの、空間解像度は元の画像の持っているもの以上には上がらないばかりか、理想フィルタによる補間ではないため、エイリアシングが発生してしまうという欠点がある。

【0 0 0 8】

ニアレストネイバー法では、特にエイリアシングの影響により、画像がブロック状になってしまい、例えば斜め線を表す画像が階段状の画像になってしまう。

【0 0 0 9】

また、キュービックコンボリューションは、理想フィルタによる補間に近いいため、エイリアシングの影響は気にならないが、空間解像度は元の画像のままであるため、主観的にぼけた印象の画像になる。

【0 0 1 0】

また、線形補間法は両者の中間的な方法であり、主観的な印象も両者の中間的なものとなる。すなわち、ぼけた印象があり、なおかつブロック状の歪みが気になる。

【0 0 1 1】

これらは、特に拡大率を大きくした場合に顕著であり、大きく拡大したものを近くて見る場合に不満が大きい。

【0 0 1 2】

このうちの、ぼけた印象を改善するためにエッジ強調を併用する場合があるが、エッジ強調の一般的な方法は、波形の二次微分波形を求め、この波形を元の波形に適量加算するものである。この場合、ぼけた印象は改善されるものの、プリシュートやオーバーシュートが発生するといった難点がある。

【0 0 1 3】

さらに、最近、標準テレビジョン信号（SD信号）を、ハイビジョン並みのHD信号に変換する方法が提案されている。これは、単なる補間ではなく、あらかじめ同じソースから作成したHD信号とSD信号をトレーニングデータとし、HDとSDを対応づけてデータベースを作成し、SD信号が入った場合、このデータベースを引くという非線型処理を伴わせ、HD信号を出力する。しかしながら、この方法は縦横2倍に限定されるものであり、それ以上の高倍率の場合に適用するのは難しい。

【0 0 1 4】

そこで、特に高倍率の拡大においても、ブロック状の歪みをおさえ、かつでき

るだけ鮮明な画像を得る方法として、MAP (maximum a posteriori) と呼ばれる方法が提案されている (IEEE Transactions on Image Processing, vol.3, no.3, pp 233-242, 1994)。この方法はニアレストネイバー法による画像を出発点にし、これ进行处理することによって目的画像を得る。具体的には、自然画像の性質は至る所で滑らかであるという仮定の元に、それに近づくように各画素の値を更新するという処理を、数回繰り返す。画像全体の滑らかでない度合い（これをスムースネスと呼ぶ）をエネルギーとし、このエネルギーが下がるように、最急降下法を用いて画像を更新する。この方法によれば、ブロック状の歪みも感じられず、またキュービックコンボリューションによるものよりも鮮明な画像が得られる。しかしながら、この方法は最急降下法を用いるために、処理が非常に重いという難点があった。

【0015】

一方でMAP法では、前記エネルギーを表現するエネルギー関数をどのように決めるかが重要であるが、代表的なものとしてHuber関数がある。この関数は、エネルギーの小さいとき（すなわち画像全体が滑らかであるとき）では、スムースネスの2乗に比例し、エネルギーの大きいとき（すなわち画像全体が滑らかでないとき）はスムースネスに比例するという形に設定される。このような形にする理由は、画像には本来シャープなエッジも含まれることから、過度に滑らかにすることを防ぎ、エッジを保護することにある。すなわち、スムースネスが大きい（滑らかでない）状態を、過度にエネルギーが高い状態としてしまい、くり返し処理によりエネルギーを下げ、滑らかにしすぎるのを防ぐためである。

【0016】

しかしながら、Huber関数には、2乗と1乗の切替え点を決めるパラメータを定める必要があるが、この値は画像により最適な値が異なるため、一意に決めるのは最適とは言えなかった。

【0017】

従来から知られるMAP法は、整数倍の拡大に適用される。したがって、任意倍率の拡大が必要な場合、これと他の方法を組み合わせることによって実現が可能である。他の方法は一般に知られていので省略し、ここではMAPによる整数

倍の拡大のみ説明する。

【0018】

まず、入力画像を縦横 q 倍に拡大することを考える。 $M \times N$ 画素の低解像度入力画像を Y 、高解像度の出力画像を X 、 T を縦横 $1/q$ の間引き行列とし、 n をホワイトガウシアンノイズとすると、式 1 の関係が成り立つ。

【0019】

【数 1】

$$Y = T \cdot X + n$$

式 1

【0020】

ここで、 T は、次の式 2 で表せる。

【0021】

【数 2】

$$T = \frac{1}{q^2} \begin{bmatrix} 1 \cdots 1 & 0 \cdots 0 & \cdots & 0 \\ 0 \cdots 0 & 1 \cdots 1 & 0 \cdots & 0 \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & \cdots & \cdots 0 & 1 \cdots 1 \end{bmatrix}$$

式 2

【0022】

この式 2 から高解像度の出力 X を求めたいが、明らかに X は無限に存在し、代数的に求めることは不可能である。そこで、以下の仮定をする。

【0023】

仮定 1：画像は $\text{Markov Random Field}$ と考える。すなわち、画素値は近傍のみに依存し、画像全体によらない。これは、自然画像においては、妥当な仮定と言える。

【0024】

仮定 2：画像の確率は以下の式 3 に示す Gibbs の密度関数で与えられる。

【0025】

【数3】

$$Pr(X) = \frac{1}{C} e^{-\frac{1}{\lambda} - \sum_{v \in V} S_v(X)} \quad \text{式3}$$

【0026】

ここで、Cは正規化定数、 $S_v(X)$ は画像内の局所vにおける関数で、局所的なスムーズネス（滑らかでない度合い）の値を表す。Vは画像全体、 λ はGibbs関数における温度パラメータであるが、この場合は定数であり、特に意味を持たない。

【0027】

仮定2は、スムーズネスが小さいほど確率が高くなる、すなわち自然画像はおおよそ滑らかであるという仮定である。したがって、この仮定もまた妥当と言える。

【0028】

一方で、入力画像を得る際に加わったノイズをホワイトガウシアンノイズと考えると、ノイズnの確率は、次の式4で表せる。

【0029】

【数4】

$$Pr(n) |_{n=Y-IX} = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^2} e^{-\frac{\|Y-IX\|^2}{2\sigma^2}} \quad \text{式4}$$

【0030】

ここで、 σ は標準偏差である。

【0031】

以上のモデルから、入力を低解像度画像Yとし、これらの仮定を満たす理想的な高解像度画像 \hat{X} を求める。上記仮定から、 \hat{X} は $Pr(X | Y)$ を最大にする

。一般に $Pr(X | Y)$ は、式 5 で表される。

【0 0 3 2】

【数 5】

$$Pr(X | Y) = Pr(Y | X) \times Pr(X) / Pr(Y) \quad \text{式 5}$$

【0 0 3 3】

ここで Y は入力画像であるために既知であり、 $Pr(Y) = 1$ である。また、 $Pr(Y | X) = Pr(n)$ である。したがって、 $Pr(X | Y)$ は、次の式 6 で表されことになる。

【0 0 3 4】

【数 6】

$$Pr(X | Y) = Pr(X) \times Pr(n) \quad \text{式 6}$$

【0 0 3 5】

すなわち、 \hat{X} を求めるには、式 6 を最大化すれば良いが、式 6 と、式 3 及び式 4 から、次の式 7 に示すように $\sum_{v \in V} S_v(\hat{X})$ を最小化すれば良いことがわかる。

【0 0 3 6】

【数 7】

$$\sum_{v \in V} \hat{S}_v(X) = \sum_{v \in V} S_v(X) + \beta \|Y - TX\|^2 \quad \text{式 7}$$

【0 0 3 7】

ここで、 β はスムースネス $\sum S_v(X)$ と制約条件 $\|Y - TX\|$ とのトレードオフによって決まる定数である。

【0 0 3 8】

そこで、スムースネスを表す関数 $\sum S_v(X)$ を定義する。 $\sum S_v(X)$ は、画像の局所的なスムースネスであるため、滑らかでないほど値の大きい関数である必要がある。このような条件を満たす関数として、図 7 に示すような 3×3 の縦横に連続する画素に着目し、 $S_v(X)$ を次の式 8 のように定義する。

【0 0 3 9】

【数 8】

$$S_v(X) = \sum_{k=0}^3 h_k^2(X) \quad \text{式 8}$$

【0 0 4 0】

$h_k(X)$ は、次の式 9 で示される 2 次の F I R フィルタである。

【0 0 4 1】

【数 9】

$$\left. \begin{aligned} h_0(X) &= X_{i+1,j} - 2X_{i,j} + X_{i-1,j} \\ h_1(X) &= X_{i+1,j-1} - 2X_{i,j} + X_{i-1,j+1} \\ h_2(X) &= X_{i,j-1} - 2X_{i,j} + X_{i,j+1} \\ h_3(X) &= X_{i-1,j-1} - 2X_{i,j} + X_{i+1,j+1} \end{aligned} \right\} \quad \text{式 9}$$

【0 0 4 2】

このように $S_v^*(X)$ を定義すると、これはベクトル量である画像 X に対するスカラー量である。

【0 0 4 3】

このため、式 7 を X によって定められるエネルギー関数と見ることができる。次に、エネルギー関数である式 7 を最小化するが、この方法としてよく知られた最急降下法が利用できる。 m 回目の演算により、全ての画素値を式 1 0 のようにと更新するとすれば、最急降下法では、 D_m は式 1 1 で示すエネルギー関数の勾配であり、これを求める必要がある。

【0 0 4 4】

【数 1 0】

$$X_{m+1} = X_m - \alpha_m D_m \quad \text{式 1 0}$$

【0045】

【数11】

$$\nabla(\sum_{v \in V} \hat{S}_v(X)) = \nabla(\sum_{v \in V} S_v(X)) + \nabla(\beta \|Y - TX\|^2) \quad \text{式11}$$

【0046】

また α_m の決定方法は、式10の右辺を α_m を変数とする一変数関数 $z(\alpha_m)$ とおいたとき、 $\sum_{v \in V} S_v^{\wedge}(z(\alpha_m))$ を最小とする α_m を求めることによって定める。

【0047】

この処理を $\sum_{v \in V} S_v^{\wedge}(X_m)$ がほぼ変化しなくなるまで繰り返すことによって、目的である X^{\wedge} を求めることができる。

【0048】

ところで、この処理を繰り返すことにより、画像全体が滑らかになり自然な画像に近くなるが、エッジの多い画像等の場合、そのエッジまでも滑らかになりすぎ、ぼけた印象の画像になってしまうという副作用がある。そこで、次の式12に示すHuber関数を利用する。グラフに表すと、図8のようになる。そして、これを利用して、 $S_v(X)$ を次の式13に示すように再定義する。

【0049】

【数12】

$$\rho_T(x) = \begin{cases} x^2 & |x| \leq T \\ T^2 + 2T(|x| - T) & |x| > T \end{cases} \quad \text{式12}$$

【0050】

【数13】

$$S_v(X) = \sum_{k=6}^9 \rho_T(h_k(X)) \quad \text{式13}$$

【0051】

これにより、 $S_v(X)$ の値が大きい場合の勾配が式7に比べて小さくなるため

、最急降下法による式 7 の値の減少度合いが小さくなる。すなわち、スムーズネス（滑らかでない度合い）が保存され、エッジ成分の多い部分において、必要以上にエッジがぼけるのを防ぐことができる。

【0052】

以上が、従来から知られるMAPによる高解像度化手法である。

【0053】

このようにMAP法では、前記エネルギーを表現するエネルギー関数をどのように決めるかが重要であり、代表的なものとしてHuber関数が用いられる。この関数は、エネルギーの小さいときすなわち画像全体が滑らかであるときには、スムーズネスの2乗に比例し、エネルギーの大きいときすなわち画像全体が滑らかでないときはスムーズネスに比例するという形に設定される。このような形にする理由は、画像には本来シャープなエッジも含まれることから、過度に滑らかにすることを防ぎ、エッジを保護することにある。すなわち、スムーズネスが大きいすなわち滑らかでない状態を、過度にエネルギーが高い状態としてしまい、くり返し処理によりエネルギーを下げ、滑らかにしすぎるのを防ぐためである。

【0054】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のMAP法によれば、画像のエネルギーをHuber関数で表現し、このエネルギーを最急降下法によって減少させるよう処理を行う。しかしながら、最急降下法における α を求める演算は大きなコストを要する。また、Huber関数では、2乗と1乗の切替え点を決めるパラメータTを定める必要があるが、この値も画像の部分により最適な値が異なるため、一意に決めるのは適切とは言えなかった。

【0055】

そこで、本発明の目的は、ブロック状の歪みを生じさせず、かつ鮮明な画像を得るべく、MAP法を利用して画像拡大処理を行う場合に、画質を従来よりも劣化させることなく、この演算量を減少させることにある。また、パラメータの値が適切でない場合に画質が低下してしまうHuber関数を使用せず、エッジ保

護を行う方法を提供することにある。

【0056】

【課題を解決するための手段】

ここで、 α について考えてみる。 α は、エネルギー関数を減少させるために用いるパラメータであり、画像に応じてこの値を適切に決めることにより、収束状態までの速度が遠くなる。すなわち繰り返し回数を少なくすることができる。また、 α の最適な値は、前述したようにエネルギー関数の定義に影響され、エネルギー関数の定義を変えれば、同一画像に対する処理であっても、 α の最適値は異なってくる。したがって、MAP法では、各繰り返し処理ごとに、毎回 α の最適な値を求める必要がある。 i の α 算出処理は非常に演算量が多く、全体の演算量軽減のためには、この処理を効率化するのが良い。

【0057】

ところで、様々の画像を用いて、従来のMAP法により実験を試みた結果、式7～9のようにエネルギー関数を定義した場合、どのような画像であっても、視覚的に変化が見られなくなる収束までの繰り返し回数は3回程度であることがわかった。これは、人間の目の階調分解能はせいぜい8ビットすなわち256段階程度であるため、3回のMAP処理により急速に最適な画像に近づき、以後はこれ以下の微小な変化となるということである。

【0058】

また、この間すなわち1回目から3回目までの繰り返し処理において、 α の取る範囲は、ある一定範囲に収まっていることがわかった。

【0059】

そこで、上記様々の画像において、各繰り返しごとに α が取った値の平均値を求め、これを*i*回目の処理における α の平均値を $\alpha_{ave\ i}$ とした。そして上記様々の画像に対して、 α 算出処理を一切行わず、ここで求めた $\alpha_{ave\ i}$ で代用して処理を行った。

【0060】

この方法によれば、 α が最適値ではないため、当然ながら収束の速度が遅くなったり、場合によっては収束せず、エネルギーの最小状態を挟んで振動すること

が考えられる。

【0 0 6 1】

しかしながら、 $\alpha_{ave\ i}$ は、もともと最適値に近い値であることから、ほぼ最適値を用いた場合と同様の収束過程を示すし、仮に収束が遅くなっても、エネルギーの最小状態に近い位置に収束すれば、エネルギー値は最適な α を用いた場合と同等であるので、出力画像の品質は最適な最適値を用いた場合と差異はない。また、仮に最終的に振動したとしても、エネルギーは既に最小に近い値であるため、人間の目の階調分解能範囲内となり、これも問題とならない。したがって、問題は演算コストのみとなり、 α を算出するためにかかる演算量およびメモリ使用量などのコストと、繰り返し回数が増えることによる同コストを比較し、有利な方を用いるのが良いということになる。

【0 0 6 2】

実験の結果、 $\alpha_{ave\ i}$ を用いた場合でも、収束までの繰り返し回数は3回程度であり、 α の最適値を算出した場合と変わらなかった。これは、 $\alpha_{ave\ i}$ が、 α の最適値に近い値であることと、収束の判断基準が前述のように8ビット程度の視覚的特性によるものであるためと言える。したがって、前述のような演算コストの比較をするまでもなく、 $\alpha_{ave\ i}$ を用いる方が演算量が少ないことがわかる。ただし、エネルギー関数の定義を変更した場合はこの限りではなく、収束までの繰り返し回数が α 算出を行う場合よりも増えることがある。この場合は前述したとおりコストの比較が必要である。しかしながら、一般に α 算出の演算量は非常に多いのに対して、収束の速度は大きくは変わらないため、 $\alpha_{ave\ i}$ を用いた方が有利である。

【0 0 6 3】

さらに、 $\alpha_{ave\ i}$ は、各繰り返し処理ごとに大きな差異がないため、 i に応じた $\alpha_{ave\ i}$ を用意することをせず、毎回等しい値 α_{ave} を用いて実験を行ったところ、この場合も収束までの繰り返し回数は3回程度であった。このため、各繰り返し処理ごとに α_{ave} を用いれば、演算にかかるコストは α の最適値を算出するよりも有利であり、さらに $\alpha_{ave\ i}$ を用いる場合よりも若干有利となる。

【0064】

以上により、エネルギー関数を定義した後、上記のように多数のデータによる実験での繰り返し処理ごとの α の平均、あるいは全処理での α の平均をあらかじめ求めておき、実際の処理時にはこの値を用いることとした。これによって、実際の処理時の各繰り返しごとに α 算出を行うという膨大な演算をすべて省略することができる。

【0065】

また、ここで同時に、収束条件の判断を行わないこととした。本来であれば、各繰り返し処理ごとにエネルギー関数の値を計算し、前回の結果との差分を取り、この値が一定値以下になったときに処理を終了する。しかしながら、エネルギー関数を式7～式9のように定義すると、画像によらず3回でほぼ収束する。また、エネルギー関数をこれ以外の形で定義したとしても、前述したように入間の視覚特性により、判別不能となるまでの回数で打ち切ることが可能である。この判別不能となるまでの回数は、あらかじめ α_{ave} を決定した時点で様々の画像を処理することによって、定めておく。これにより、収束の判断に要する演算を省略することができる。

【0066】

なお、あらかじめ求めておく α の値は、メジアンを用いるなどでも良く、平均値 α_{ave} に限らない。

【0067】

また、エッジを過度に滑らかにすることを防ぐためのHuber関数は、パラメータTを適切に決めることが難しかった。

【0068】

そこで、スムースネスを $S'_v(X)$ とし、式14のように再定義する。ここで、 $h'_k(X)$ は式15で定義され、式15中の a 、 b が局所的な画像の値によって変化するダイナミックな値、すなわち式16で示される値となる。式16中の $S_v(X)$ は式8で示されるものである。

【0 0 6 9】

【数 1 4】

$$S'_v(X) = \sum_{k=0}^3 h'_k(X)$$

式 1 4

【0 0 7 0】

【数 1 5】

$$\begin{aligned} h'_0(X) &= bX_{i+1,j} - aX_{i,j} + bX_{i-1,j} \\ h'_1(X) &= bX_{i+1,j-1} - aX_{i,j} + bX_{i-1,j+1} \\ h'_2(X) &= bX_{i,j-1} - aX_{i,j} + bX_{i,j+1} \\ h'_3(X) &= bX_{i-1,j-1} - aX_{i,j} + bX_{i+1,j+1} \end{aligned}$$

式 1 5

【0 0 7 1】

【数 1 6】

$$\begin{aligned} a &= a_0 e^{-\frac{S_v(X)^2}{2\sigma^2}} & a_0 &= -8 \\ b &= b_0 e^{-\frac{S_v(X)^2}{2\sigma^2}} & b_0 &= 1 \end{aligned}$$

式 1 6

【0 0 7 2】

これによれば、局所的な画像の値に応じてフィルタ係数が変化するため、画像の部分に応じて更新の効果が変化する。 $S_v(X)$ の絶対値が大きい場合、すなわち局所的にエッジ成分が多く含まれる場合には $S'_v(X)$ や $\nabla S'_v(X)$ の値が過度に大きくなり、したがって更新によりエッジが過度に滑らかにされてしまうことを防ぐ。また逆に、局所的にエッジ成分が少なく、画像が滑らかである場合にも $S'_v(X)$ や $\nabla S'_v(X)$ の値はそれほど小さくならず、更新によりなめらかにされる効果が小さすぎることがない。すなわち、画像の部分の特徴に応じて、適切な効果が得られる。

【0073】

以上のように、エッジ保護の効果は式 1 4 によって行われるため、H u b e r 関数を使用した式 1 3 は利用しない。したがって、パラメータ T を検討する必要もない。

【0074】

このように、本発明では、 α を固定し、H u b e r 関数を使わずにダイナミックフィルタを用いて画像処理を行う。

【0075】

すなわち、本発明では、あらかじめ画像のエネルギー関数を定義し、記憶しておき、入力された画像を拡大すなわち画素数を増加させ、上記拡大された画像内の画素における上記エネルギー関数の勾配値を計算し、上記画素に上記エネルギー関数の勾配値に入力された画像によらない値を乗算した結果をを加算し、上記画素の値を更新することにより画質調整を行うことによって高解像度化を行う。また、上記画素の値の更新処理を複数回繰り返すことにより画質調整を行うことによって高解像度化を行う。

【0076】

また、本発明では、あらかじめ入力画像に依存して変化する画像のエネルギー関数を定義し、記憶しておき、入力された画像を拡大、すなわち画素数を増加させ、上記拡大された画像内の画素における上記エネルギーを減少させる値を計算し、上記画素に、上記エネルギーを減少させる値を加算し、上記画素の値を更新することにより画質調整を行うことによって高解像度化を行う。また、上記画素の値の更新処理を複数回繰り返すことにより画質調整を行うことによって高解像度化を行う。

【0077】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0078】

本発明は、例えば図 1 に示すような構成の画像処理装置 1 0 0 に適用される。

【0079】

この画像処理装置100は、入力インターフェース14を介して入力される低解像度の画像データに中央演算処理ユニット(CPU: Central Processing Unit)12により画像処理を施して高解像度の画像データを生成し、出力インターフェース16を介して高解像度の画像データを出力するものであって、内部バス11に接続されたCPU12、メモリ13、入力インターフェース14、ユーザインターフェース15、出力インターフェース16等により構成されている。

【0080】

この画像処理装置100における中央演算処理ユニット12による画像処理の具体的なアルゴリズムについて、図2に示すフローチャートに沿って説明する。

【0081】

まず、ステップS11では、入力インターフェース14を介してM×N画素の低解像度画像を入力する。入力する画像は、CCDなどで撮像した画像、ハードディスク等に記憶しておいた画像等であり、この入力元は限定されない。

【0082】

次に、ステップS12では、0次ホールドにより、縦横ともq倍に拡大する。すなわち、縦横q×q画素に、同じ画素値を繰り返す。

【0083】

この画像を初期画像とし、ステップS13で画像更新処理の回数を判定しながら、ステップS14で画像更新処理を一定回数繰り返す。これにより、1回ごとに式7の値が減少する。そして、ステップS13で一定回数に達したかどうかを判断し、一定回数に達していた場合、式7の値はおよそ最小値に近くなっており、各画素の値はほぼ変化しなくなるため、処理を終了し、処理された拡大画像を出力インターフェース16を介して出力する。出力先は、テープやハードディスクなどの記録メディアを持つ記憶装置や、次段の信号処理回路、VRAMやCRT等の表示装置、プリンタ等の出力装置等であり、この出力先も限定されない。

【0084】

次に、上記ステップS14における画像更新処理について、図3に示すフローチャートに沿って具体的に説明する。

【0085】

まず、ステップS21では、 $(i, j) = (0, 0)$ として最初に処理を行う画素を決定する。そして、ステップS22で全ての画素について画素更新処理が終了したかどうかを判断しながら、ステップS23で $qM \times qN$ 画素の画像の各画素について、順次画素更新処理を繰り返し行う。

【0086】

ステップS24では (i, j) を更新して次に処理を行う画素を決定し、ステップS22で全ての画素について画素更新処理が終了したか否かを判断し、終了していたら、画像更新処理を終了する。

【0087】

ここで、上記ステップS23の画素更新処理は、FIRフィルタを伴う処理であるので、画像の端に当たる部分には特別な処理を要するが、これは従来から利用されている方法をそのまま使う。すなわち、画像の端に当たる部分では、画像の外側にミラーイメージの画像が続いているものと考え、そのような画素が存在するものとして、端ではないときと同じように処理を行う。若しくは、画像の外側は画素の値はゼロと最大値の中間の値にする。また、端に当たる部分に関しては、処理を省略する等である。

【0088】

次に、上記ステップS23の画素更新処理について、図4に示すフローチャートに沿って具体的に説明する。

【0089】

画素更新処理は、前述したように、エネルギー関数 $\sum_{v \in v} S_v^{\wedge}(X)$ を減少させるように、 $\nabla(\sum_{v \in v} (S_v^{\wedge}(X)))$ を求め、これに定数 α を乗じたものを D_m として、式10により画素値を更新する。

【0090】

具体的には、まず、ステップS31では、 $\nabla(\sum_{v \in v} (S_v^{\wedge}(X)))$ を求める。これは、式11が示すように、 $\nabla(\sum_{v \in v} (S_v(X)))$ と $\nabla(\beta \|Y - TX\|_2)$ との和である。

【0091】

前者は、画像全体のスムースネス $\sum_{v \in v} (S_v(X))$ の画素 $X_{i,j}$ についての偏微分であるから、画像中の $X_{i,j}$ を含む各 $S_v(X)$ についての $X_{i,j}$ での偏微分であり、これを計算すると、図5に示す 5×5 の FIR フィルタに帰着する。

【0092】

また、後者は β 、 T が定数、 Y は入力画像、 X は現在の高解像度画像であるから計算により求めることができる。

【0093】

次のステップ S 3 2 では、上記ステップ S 3 1 で求めた値に定数 α を乗じ、現在の画素値に加算した値を、新しい画素値とする。

【0094】

以上が画素更新処理であり、この処理により、エネルギーが小さくなる方向に、すなわち画像が滑らかになる方向に画素が更新されたことになる。ただし、式 1 4、1 5、1 6 及び図5に示したとおり、エネルギーはダイナミックフィルタにより計算されるので、エッジの多い部分で、エッジが過度に滑らかにされてしまうことがない。

【0095】

なお、本発明は、上述の実施例に限定されるものでなく、画素更新の方法の原理を逸脱することなく、他の構成方法や応用が可能である。例えば、上述の実施の形態では、ソフトウェアによる処理を前提に進めたが、原理を逸脱することなく、ハードウェアロジックで実現することもできる。

【0096】

すなわち、上記画像処理装置 1 0 0 において画像処理のアルゴリズム実行する中央演算処理ユニット 1 2 の機能的な構成を図6に示してあるように、上記中央演算処理ユニット 1 2 は、入力された画像を拡大する拡大処理部 2 1 と、あらかじめ画像のエネルギー関数を作成しておき、上記拡大された画像内の画素における上記エネルギー関数の勾配値を計算する演算処理部 2 2 と、上記画素に上記エネルギー関数の勾配値の定数倍を加算して上記画素の値を更新する更新処理部 2 3 とに置き換えることができる。

【0097】

また、本発明は、入力画像を拡大することだけに限らない。例えば画素数こそ多いものの、高域成分を含まない画像であり、空間周波数が縦横各半分の画素数で表現できる帯域までしかない場合、まず画素を縦横各半分に間引いたものを本発明の入力画像とし、その後これを0次ホールドにより2倍に拡大すれば、画素数は当初の画像の画素数と等しいままで高解像度化が可能である。このように、本発明は必ずしも画像の拡大を伴う処理に限定するものではない。また、当然ながら0次ホールドされた画像を入力とし、最初の拡大処理を省略しても良い。また、本発明を画像の一部分のみに適用しても良い。また、拡大率は、2倍に限られない。

【0098】

また、本発明のエネルギー関数の定義において、2次のFIRフィルタを使用する旨述べたが、この係数や次数はこれに限るものではない。この場合、必然的にエネルギー関数の勾配を求めるためのフィルタも実施例とは異なるものとなる。

【0099】

一般にMAP法ではノイズを考慮しないモデルや、1回の画像更新毎に入力画像と比較し、拘束条件を設けるモデルも議論されている。 α の定数化、Huber関数使用の中止の両者とも、画素更新の方法は同じであるため、当然ながら本発明もこれらのモデルへ適用が可能であり、本発明は、実施例に挙げたモデルに限定されるものではない。

【0100】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、ブロック状の歪みのある画像や、空間解像度の不足によるぼけた印象の画像にすることなく、鮮明な高解像度画像を得ることができる上、従来パラメータの算出に要していた演算量や記憶容量を削減することができる。また、収束の判定に要していた演算量や記憶容量を削減することができる。また、ダイナミックフィルタを使用することにより、パラメータTを適切な値にすることが難しい故に画質劣化の要因になっていたHuber関数を使

用せず、エッジ保護を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した画像処理装置の構成を模式的に示す図である。

【図 2】

上記画像処理装置における画像処理の具体的なアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 3】

上記画像処理における画像更新処理の手順を示すフローチャートである。

【図 4】

上記画像更新処理における画素更新処理の手順を示すフローチャートである。

【図 5】

エネルギー関数の勾配を求める F I R フィルタを示す図である。

【図 6】

上記画像処理装置における中央演算処理ユニットの機能的な構成を示すブロック図である。

【図 7】

画像の局所的なスムーズネスを求めるエネルギー関数を説明するための図である。

【図 8】

H u b e r 関数 $\rho_T(x)$ を示す図である。

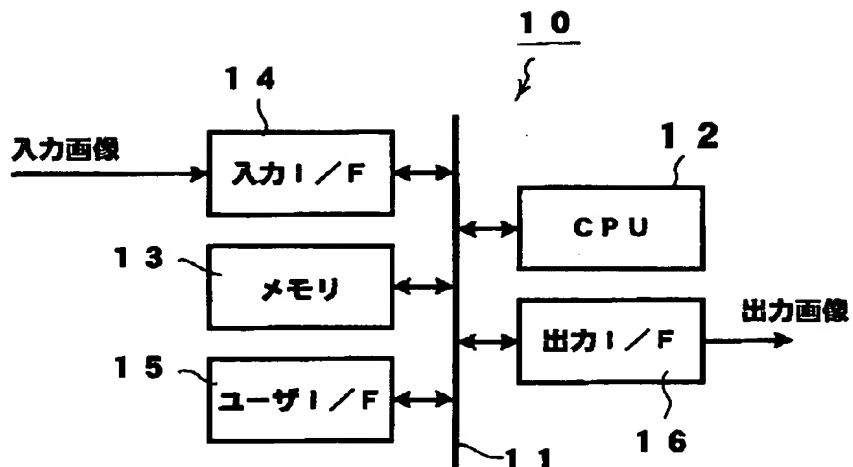
【符号の説明】

1 1 内部バス、1 3 メモリ、1 2 中央演算処理ユニット、1 4 入力インターフェース、1 6 出力インターフェース、1 0 0 画像処理装置

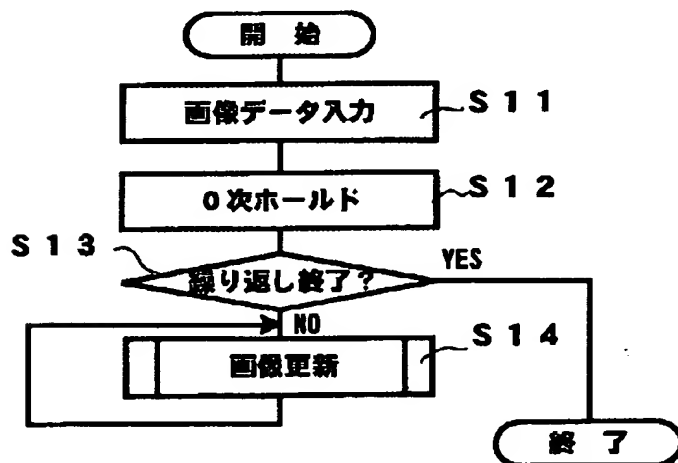
【書類名】

図面

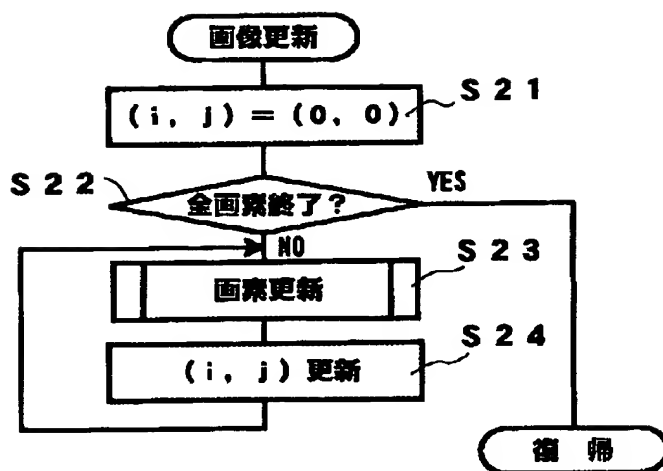
【図 1】



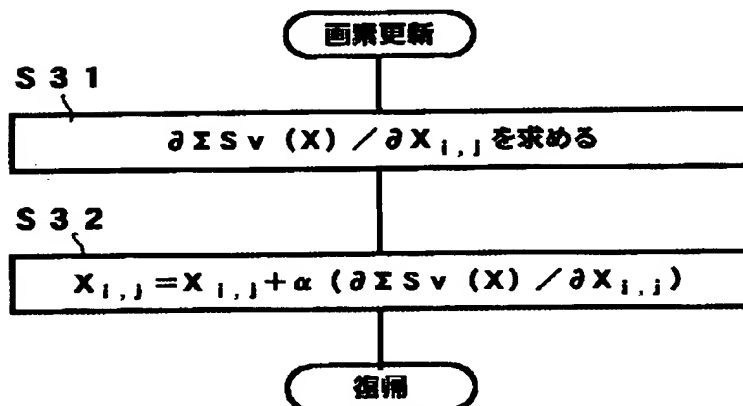
【図 2】



【図 3】



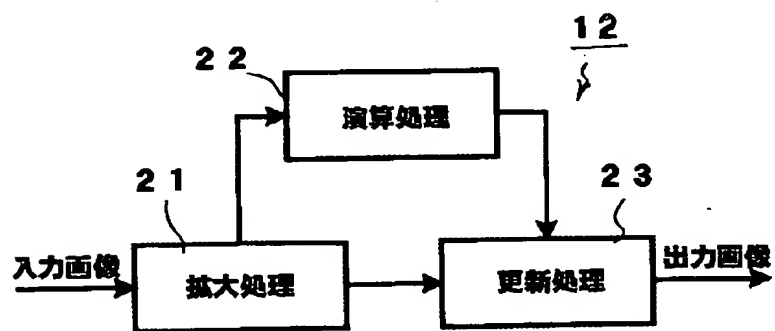
【図 4】



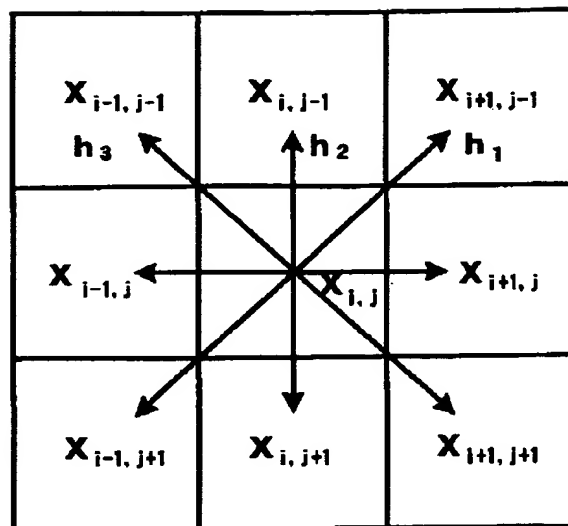
【図 5】

b^2	0	b^2	0	b^2
0	$2ab$	$2ab$	$2ab$	0
b^2	$2ab$	$4a^2 + 8b^2$	$2ab$	b^2
0	$2ab$	$2ab$	$2ab$	0
b^2	0	b^2	0	b^2

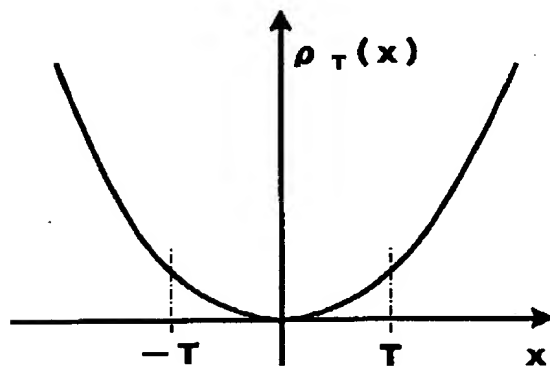
【図 6】



【图 7】



【图 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ブロック状の歪みを生じさせず、かつ鮮明な画像を得るべく、MAP法を利用して画像拡大処理を行う場合に、画質を従来よりも劣化させることなく、この演算量を減少させる。

【解決手段】 あらかじめ入力画像に依存して変化する画像のエネルギー関数を定義し、記憶しておき、入力された画像を拡大、すなわち画素数を増加させ、上記拡大された画像内の画素における上記エネルギーを減少させる値を計算し、上記画素に、上記エネルギーを減少させる値を加算し、上記画素の値を更新することにより画質調整を行うことによって高解像度化を行う。また、上記画素の値の更新処理を複数回繰り返すことにより画質調整を行うことによって高解像度化を行う。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社